

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 16 557.6

**Anmeldetag:** 10. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

**Bezeichnung:** Antennenelement für Magnetresonananzwendungen  
und Antennenanordnung mit mehreren derartigen  
Antennenelementen

**IPC:** G 01 R 33/32

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag



Kahle

## Beschreibung

Antennenelement für Magnetresonanzzanwendungen und Antennenanordnung mit mehreren derartigen Antennenelementen

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Antennenelement für Magnetresonanzzanwendungen mit einem sich entlang einer Abschnittsachse erstreckenden Teilabschnitt. Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine Antennenanordnung für Magnetresonanzzanwendungen mit mehreren parallel zueinander verlaufenden derartigen Antennenelementen.

10

Antennenelemente für Magnetresonanzzanwendungen und korrespondierende Antennenanordnungen sind allgemein bekannt. Insbesondere können die Antennenelemente beispielsweise als Antennenstäbe eines Birdcage-Resonators oder als axial verlaufende Teile einer Sattelspule ausgebildet sein.

15

Bei Magnetresonanzzanwendungen werden Hochfrequenzspulen (Resonatoren) für die Anregung und den Empfang hochfrequenter magnetischer Wechselfelder eingesetzt. Für die Bildgebung werden dabei außer einem homogenen statischen Magnetfeld auch ein möglichst homogenes Hochfrequenzfeld benötigt. Beispielsweise besitzen zylinderförmige Hochfrequenzspulen (Birdcage-Resonatoren, Sattelspulen, ...) ein sehr homogenes Hochfrequenzprofil.

20

25

Durch ungleichmäßige Belastung der Hochfrequenzspule, durch elektrische Abschirmung und durch dielektrische Resonanzen im Untersuchungsobjekt kann es jedoch zu unterschiedlichen Anregungen der Magnetresonanzen kommen. Derartige unterschiedliche Anregungen führen zu sogenannten Abschattungen in den erzeugten Bildern.

30

Es genügt daher für hochauflösende Aufnahmen nicht, die Stromverteilung auf den Antennenelementen der Hochfrequenzspule (bzw. der Antennenanordnung) konstant zu halten. Es

35

kann vielmehr notwendig sein, die Stromverteilung individuell, insbesondere in Abhängigkeit vom Untersuchungsobjekt, einzustellen.

- 5 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Antennenelement zu schaffen, bei dem die Stromverteilung entlang der Abschnittsachse einstellbar ist.

Die Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Antennenelement  
10 dadurch gelöst,

- dass dem ersten Teilabschnitt ein erster Hilfskreis nebengeordnet ist,
- dass der erste Hilfskreis einen Ankoppelabschnitt und einen  
15 Hilfskreisabschnitt aufweist,
- dass der erste Hilfskreis über den Ankoppelabschnitt induktiv an den ersten Teilabschnitt angekoppelt ist und der Hilfskreisabschnitt in einem Abstand zur Abschnittsachse parallel zum ersten Teilabschnitt verläuft,
- 20 - dass der erste Hilfskreis ansteuerbare Abstimmelemente aufweist und
- dass je nach Ansteuerungszustand der Abstimmelemente ein im ersten Teilabschnitt fließender hochfrequenter Anregungsstrom im Hilfskreisabschnitt einen gegenüber dem Anregungsstrom voreilenden, einen gegenüber dem Anregungsstrom nach-  
25 eilenden oder keinen Hilfsstrom hervorruft.

Der Ankoppelabschnitt kann alternativ ein Bestandteil des Teilabschnitts oder ein vom Teilabschnitt verschiedenes Element sein. Im ersten Fall ergibt sich ein einfacherer, kompakterer und kostengünstigerer Aufbau des Antennenelements,  
30 im zweiten Fall ergeben sich geringere Rückwirkungen auf den Strom im Antennenelement.

- 35 Im Minimalfall kann es ausreichend sein, wenn das Antennenelement einen einzigen Hilfskreis aufweist. In der Regel ist es aber so,

- dass es einen gegenüber dem ersten Teilabschnitt axial versetzten zweiten Teilabschnitt aufweist, dem ein zweiter Hilfskreis nebengeordnet ist,
- dass der zweite Hilfskreis einen Ankoppelabschnitt und einen Hilfskreisabschnitt aufweist,
- dass der zweite Hilfskreis über den Ankoppelabschnitt induktiv an den zweiten Teilabschnitt angekoppelt ist und der Hilfskreisabschnitt in einem Abstand zur Abschnittsachse parallel zum zweiten Teilabschnitt verläuft,
- dass der zweite Hilfskreis ansteuerbare Abstimmelemente aufweist und
- dass je nach Ansteuerungszustand der Abstimmelemente ein im zweiten Teilabschnitt fließender hochfrequenter Anregungsstrom im Hilfskreisabschnitt einen gegenüber dem Anregungsstrom voreilenden, einen gegenüber dem Anregungsstrom nacheilenden oder keinen Hilfsstrom hervorruft.

In der Regel ist sogar mehr als zwei Teilabschnitten je ein eigener Hilfskreis nebengeordnet.

Die Hilfskreise sind vorzugsweise induktiv voneinander entkoppelt. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass die Hilfskreise einen Überlappungsbereich aufweisen.

Die Hilfskreise sind ferner vorzugsweise unabhängig voneinander ansteuerbar. Dadurch ergibt sich insbesondere ein flexiblerer Betrieb des Antennenelements.

Übliche Antennenanordnungen für Magnetresonanzanwendungen weisen mehrere parallel zueinander verlaufende Antennenelemente auf, die im Falle der vorliegenden Erfindung selbstverständlich erfindungsgemäß ausgebildet sind. Die Antennenelemente können dabei insbesondere stabförmig ausgebildet und um eine Anordnungsachse herum angeordnet sein.

Es ist möglich, dass die Antennenanordnung eine Sattelspule bildet. Vorzugsweise aber sind die Antennenelemente an ihren

Enden über Endringe miteinander gekoppelt, das heißt die Antennenanordnung ist als Birdcage-Resonator ausgebildet. Diese Ausgestaltung findet insbesondere bei Ausbildung der Antennenanordnung als Ganzkörperantenne oftmals Verwendung. Auch  
5 eine Ankopplung der Antennenelemente an einen die Antennenanordnung umgebenden Hochfrequenzschirm ist möglich.

Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen. Dabei zeigen in Prinzipdarstellung  
10

FIG 1 eine Antennenanordnung in perspektivischer Darstellung,

FIG 2 die Antennenanordnung von FIG 1 im Querschnitt,

15 FIG 3 ein Antennenelement und

FIG 4 eine alternative Ausgestaltung eines Antennenelements.

Gemäß den FIG 1 und 2 weist eine Antennenanordnung für Magnetresonanzanwendungen mehrere - im vorliegenden Fall acht -  
20 gleich ausgebildete Antennenelemente 1 auf. Die Antennenelemente 1 sind stabförmig ausgebildet und um eine Anordnungsachse 2 herum angeordnet. Sie sind im vorliegenden Fall an ihren Enden über Endringe 1' miteinander gekoppelt. Sie ver-  
25 laufen parallel zur Anordnungsachse 2 und damit auch parallel zueinander. Die Antennenanordnung bildet also einen Birdcage-Resonator.

Die Antennenelemente 1 sind - siehe FIG 2 - von einem Hochfrequenzschirm 3 umgeben. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Antennenanordnung wie im vorliegenden Fall als Ganzkörperantenne einer Magnetresonanzanlage ausgebildet ist.  
30

Von einer Steuer- und Auswerteeinrichtung 4 ist über einen  
35 Leistungsverstärker 5, eine Sende-/Empfangsweiche 6 sowie einen Stromteiler 7 ein Strom in die Antennenanordnung einspeisbar. Durch den Stromteiler 7 erfolgt dabei in einem der

Einspeiseweige eine  $90^\circ$ -Phasenschiebung. Die Antennenanordnung wird daher derart angeregt, dass sie ein zirkular polarisiertes Hochfrequenzmagnetfeld generiert. Durch dieses Hochfrequenzmagnetfeld kann somit ein nicht dargestelltes Objekt - z. B. ein Mensch - zu Magnetresonanzen angeregt werden.

Angeregte Magnetresonanzen können von der Antennenanordnung auch empfangen werden. Über den Stromteiler 7, der im Empfangsfall als Kombiniierer wirkt, die Sende-/Empfangsweiche 6 und einen Vorverstärker 8 ist ein empfangenes Magnetresonanzsignal dann der Steuer- und Auswerteeinrichtung 4 zuführbar. Von dieser ist es weitergehend auswertbar.

Sowohl im Sende- als auch im Empfangsfall fließt in den Antennenelementen 1 ein hochfrequenter Strom, der nachfolgend auch im Empfangsfall (!) als Anregungsstrom I bezeichnet wird.

Gemäß FIG 3 erstreckt sich jedes Antennenelement 1 entlang einer Abschnittachse 9. Es weist einen ersten Teilabschnitt 10 und einen zweiten Teilabschnitt 10' auf. Die Teilabschnitte 10, 10' erstrecken sich entlang der Abschnittsachse 9, sind aber axial gegeneinander versetzt. Meist sind sogar mehr als zwei axial gegeneinander versetzte Teilabschnitte 10, 10' vorhanden, z. B. vier Teilabschnitte 10, 10'.

Jedem Teilabschnitt 10, 10' ist ein eigener Hilfskreis 11, 11' nebengeordnet. Die Hilfskreise 11, 11' sind gleich ausgebildet und wirken mit dem ersten bzw. zweiten Teilabschnitt 10, 10' zusammen. Auf Grund des identischen Aufbaus und der gleichen Wirkungsweise wird dabei nachstehend nur der erste Hilfskreis 11 näher beschrieben. Die Ausführungen zum ersten Hilfskreis 11 sind aber analog auch auf den zweiten Hilfskreis 11' (und gegebenenfalls auch weitere Hilfskreise) anwendbar.

Gemäß FIG 3 weist der erste Hilfskreis 11 einen Ankoppelabschnitt 12 und einen Hilfskreisabschnitt 13 auf. Über den Ankoppelabschnitt 12 ist der erste Hilfskreis 11 induktiv an den ersten Teilabschnitt 10 angekoppelt. Der Hilfskreisabschnitt 13 des ersten Hilfskreises 11 verläuft parallel zum ersten Teilabschnitt 10, und zwar in einem Abstand  $a$  zur Abschnittsachse 9.

Gemäß FIG 3 weist der erste Hilfskreis 11 Abstimmeelemente 14, 15 auf, die über Schalter 16, 17 unabhängig voneinander von der Steuer- und Auswerteeinrichtung 4 ansteuerbar sind. Die Schalter 16, 17 können z. B. als PIN-Dioden oder als Relais ausgebildet sein.

Wenn der Schalter 16 geschlossen und der Schalter 17 geöffnet ist, liegt die Resonanzfrequenz des ersten Hilfskreises 11 unterhalb der Magnetresonanzfrequenz, mit der der Anregungsstrom  $I$  im Antennenelement 1 fließt. Der Anregungsstrom  $I$  ruft daher im ersten Hilfskreis 11 und damit auch im korrespondierenden Hilfskreisabschnitt 13 einen Hilfsstrom  $i$  hervor, der gegenüber dem Anregungsstrom  $I$  voreilt.

Wenn umgekehrt der Schalter 16 geöffnet ist und der Schalter 17 geschlossen ist, ist die Resonanzfrequenz des ersten Hilfskreises 11 größer als die Magnetresonanzfrequenz. In diesem Fall wird durch den Anregungsstrom  $I$  im ersten Hilfskreis 11 und damit auch in dessen Hilfskreisabschnitt 13 ein Hilfsstrom  $i$  hervorgerufen, der gegenüber dem Anregungsstrom  $I$  nacheilt.

Wenn beide Schalter 16, 17 geöffnet sind, kann der Anregungsstrom  $I$  im ersten Hilfskreis 11 keinen Hilfsstrom  $i$  hervorrufen.

Der zweite Hilfskreis 11' bzw. dessen Schalter 16', 17' sind unabhängig vom Ansteuerzustand des ersten Hilfskreises 11

bzw. von dessen Schaltern 16, 17 ansteuerbar. Die Hilfskreise 11, 11' sind also unabhängig voneinander ansteuerbar.

5 Gemäß FIG 3 weisen die Hilfskreise 11, 11' einen Überlappungsbereich F auf. Auf Grund dieses Überlappungsbereichs F sind die Hilfskreise 11, 11' induktiv voneinander entkoppelt.

10 Der Aufbau des Antennenelements von FIG 4 entspricht im Wesentlichen dem Aufbau des Antennenelements von FIG 3. Der einzige Unterschied besteht darin, dass bei dem Antennenelement 1 gemäß FIG 3 die Ankoppelabschnitte 12, 12' von den Teilabschnitten 10, 10' verschiedene Elemente sind, während bei der Darstellung gemäß FIG 4 die Ankoppelabschnitte 12, 12' Bestandteile der Teilabschnitte 10, 10' sind. Ferner wurde in FIG 4 der besseren Übersichtlichkeit halber von der Darstellung der Steuer- und Auswerteeinrichtung 4 abgesehen.

20 Durch entsprechende Ansteuerung der Hilfskreise 11, 11' können somit im Sendefall lokal die von den einzelnen Antennenelementen 1 hervorgerufenen Magnetfelder bzw. im Empfangsfall die lokale Empfindlichkeit der Antennenelemente 1 auf Magnetfelder gezielt beeinflusst werden. Der Einfluss auf den im Antennenelement 1 fließenden Anregungsstrom I bleibt dabei vernachlässigbar klein.

25 Gemäß den FIG 3 und 4 ist das Antennenelement 1 über Kondensatoren 18 an den Hochfrequenzschirm 3 angekoppelt. Diese Ausgestaltung stellt eine Alternative zur Kopplung der Antennenelemente 1 über die Endringe 1' dar.

30 Mittels der erfindungsgemäß ausgestalteten Antennenanordnung ist somit auf einfache Weise eine Abschattung in erzeugten Magnetresonanzbildern vermeidbar. Die Bedingungen, unter denen die einzelnen Hilfskreise 11, 11' an die Teilabschnitte 35 10, 10' anzukoppeln sind und welcher der Schalter 16, 17, 16', 17' dabei zu schließen ist, kann z. B. durch einfache



Versuche, gegebenenfalls in Verbindung mit Symmetriebetrachtungen, ermittelt werden.

## Patentansprüche

1. Antennenelement für Magnetresonanzanwendungen mit einem sich entlang einer Abschnittsachse (9) erstreckenden ersten  
5 Teilabschnitt (10), dem ein erster Hilfskreis (11) nebengeordnet ist,  
- wobei der erste Hilfskreis (11) einen Ankoppelabschnitt (12) und einen Hilfskreisabschnitt (13) aufweist,  
- wobei der erste Hilfskreis (11) über den Ankoppelabschnitt  
10 (12) induktiv an den ersten Teilabschnitt (10) angekoppelt ist und der Hilfskreisabschnitt (13) in einem Abstand (a) zur Abschnittsachse (9) parallel zum ersten Teilabschnitt (10) verläuft,  
- wobei der erste Hilfskreis (11) ansteuerbare Abstimmelemente (14, 15) aufweist und  
15 - wobei je nach Ansteuerungszustand der Abstimmelemente (14, 15) ein im ersten Teilabschnitt (10) fließender hochfrequenter Anregungsstrom (I) im Hilfskreisabschnitt (13) einen gegenüber dem Anregungsstrom (I) voreilenden, einen gegenüber dem Anregungsstrom (I) nacheilenden oder keinen  
20 Hilfsstrom (i) hervorruft.
2. Antennenelement nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
25 dass der Ankoppelabschnitt (12) Bestandteil des Teilabschnitts (10) ist.
3. Antennenelement nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
30 dass der Ankoppelabschnitt (12) ein vom Teilabschnitt (10) verschiedenes Element ist.
4. Antennenelement nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
35 - dass es einen gegenüber dem ersten Teilabschnitt (10) axial versetzten zweiten Teilabschnitt (10') aufweist, dem ein zweiter Hilfskreis (11') nebengeordnet ist,

- dass der zweite Hilfskreis (11') einen Ankoppelabschnitt (12') und einen Hilfskreisabschnitt (13') aufweist,
- dass der zweite Hilfskreis (11') über den Ankoppelabschnitt (12') induktiv an den zweiten Teilabschnitt (10') angekoppelt ist und der Hilfskreisabschnitt (13') in einem Abstand (a) zur Abschnittsachse (9) parallel zum zweiten Teilabschnitt (10') verläuft,
- dass der zweite Hilfskreis (11') ansteuerbare Abstimmeelemente (14', 15') aufweist und
- dass je nach Ansteuerungszustand der Abstimmeelemente (14', 15') ein im zweiten Teilabschnitt (10') fließender hochfrequenter Anregungsstrom (I) im Hilfskreisabschnitt (13') einen gegenüber dem Anregungsstrom (I) voreilenden, einen gegenüber dem Anregungsstrom (I) nacheilenden oder keinen Hilfsstrom ( $i'$ ) hervorruft.

5. Antennenelement nach Anspruch 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Hilfskreise (11, 11') induktiv voneinander entkoppelt sind.

6. Antennenelement nach Anspruch 5,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Hilfskreise (11, 11') einen Überlappungsbereich (F) aufweisen.

7. Antennenelement nach Anspruch 4, 5 oder 6,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Hilfskreise (11, 11') unabhängig voneinander ansteuerbar sind.

8. Antennenanordnung für Magnetresonanzanwendungen mit mehreren parallel zueinander verlaufenden Antennenelementen (1) nach einem der obigen Ansprüche.

9. Antennenanordnung nach Anspruch 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Antennenelemente (1) stabförmig ausgebildet und um eine Anordnungsachse (2) herum angeordnet sind.

10. Antennenanordnung nach Anspruch 9,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Antennenelemente (1) an ihren Enden über Endringe (1') miteinander gekoppelt sind.

11. Antennenanordnung nach Anspruch 9,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Antennenelemente (1) an ihren Enden über Kondensatoren (18) an einen die Antennenelemente (1) umgebenden Hochfrequenzschirm (3) angekoppelt sind.

## Zusammenfassung

Antennenelement für Magnetresonanzanwendungen und Antennenanordnung mit mehreren derartigen Antennenelementen

5

Ein Antennenelement (1) für Magnetresonanzanwendungen weist mindestens einen Teilabschnitt (10) auf, der sich entlang einer Abschnittsachse (9) erstreckt und dem ein Hilfskreis (11) nebengeordnet ist. Dieser weist einen Ankoppelabschnitt (12) und einen Hilfskreisabschnitt (13) auf. Über den Ankoppelabschnitt (12) ist er induktiv an den Teilabschnitt (10) angekoppelt. Der Hilfskreisabschnitt (13) verläuft in einem Abstand (a) zur Abschnittsachse (9) parallel zum Teilabschnitt (10). Der Hilfskreis (11) weist ansteuerbare Abstimmelemente (14, 15) auf. Je nach deren Ansteuerungszustand ruft ein im Teilabschnitt (10) fließender hochfrequenter Anregungsstrom (I) im Hilfskreisabschnitt (13) einen voreilenden, einen nacheilenden oder keinen Hilfsstrom (i) hervor.

20 FIG 3

FIG 1

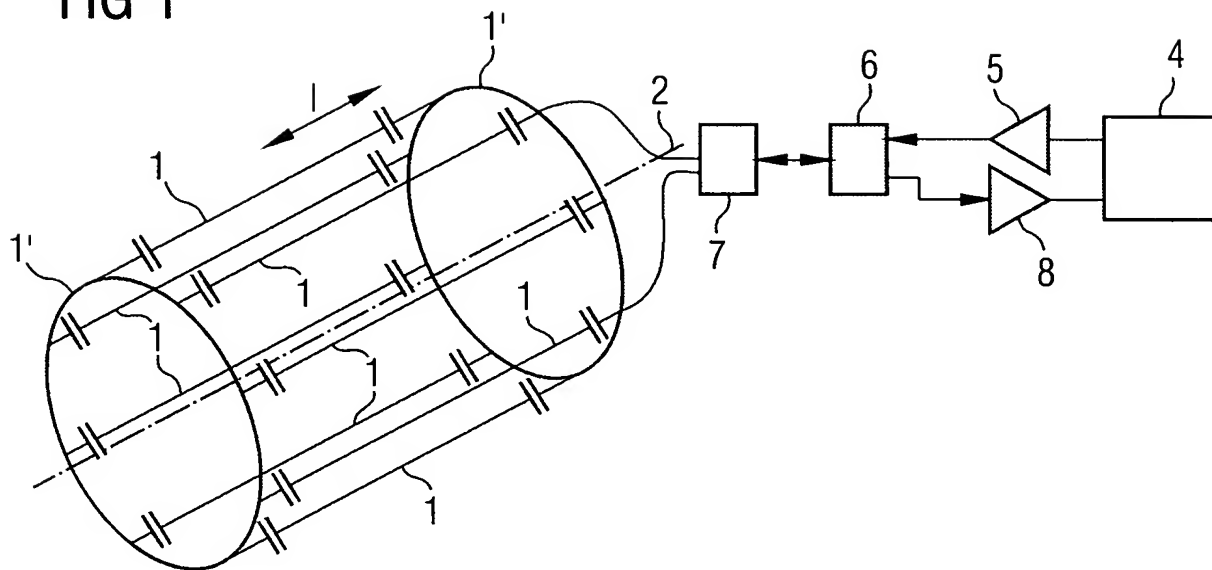


FIG 2

